

令和 7 年 度
入学者選抜学力試験問題
後 期 日 程

理 科

注 意

1. 解答用紙表紙の※印欄は、受験者が記入すること。
受験番号は、本学受験票の受験番号欄に記入してあるとおりに書くこと。
※印欄以外の箇所には、受験番号・氏名を絶対に書かないこと。
2. 問題冊子及び解答用紙は、「解答始め」の指示があるまで開かないこと。
3. 理学部数物科学科志願者は理科、数学から1教科選択し、解答用紙の表紙の選択別欄に○印を記入のうえ、選択した教科の問題を全問解答すること。なお、解答用紙の表紙の選択別欄に両教科とも○印をつけた場合は、すべての解答を無効とする。
4. 解答は、別冊子の解答用紙に記入すること。
解答用紙左上の問題番号を確認し、問題に対応する解答用紙のみに記入すること。
5. 試験終了後、この問題冊子と下書用紙は持ち帰ること。
6. 総ページ数
問題冊子——7 ページ
解答用紙——9 ページ
下書用紙——1 枚(数学と共用)

物 理

- I** 図1のように半頂角 θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$), 高さ h の表面のなめらかな円錐が水平面上に固定されている。その頂点と質量 m の小球が長さ L ($L < h$) の軽い糸で結ばれている。重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ。ただし、糸は伸び縮みせず、空気抵抗は無視できるものとする。

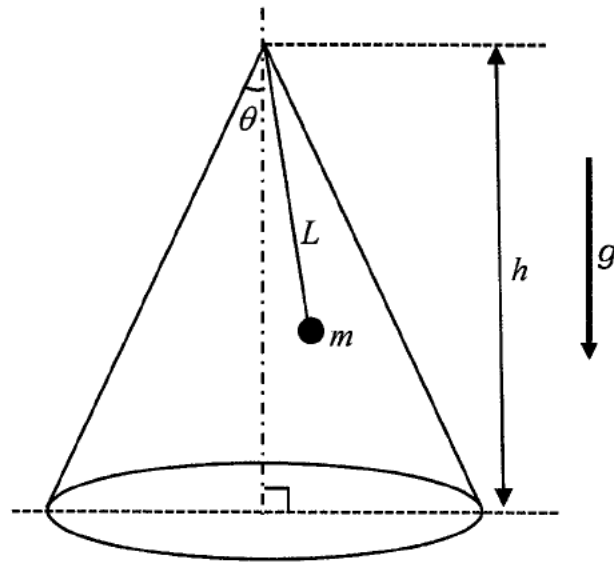


図 1

- 問 1** 小球は円錐面上で静止している。小球にはたらく糸の張力の大きさ T_0 と円錐面から受ける垂直抗力の大きさ N_0 をそれぞれ求めよ。
- 問 2** 糸がたるむことなく、小球は円錐面上を等速円運動している。このとき、小球にはたらく糸の張力の大きさを T , 円錐面から受ける垂直抗力の大きさを N とする。
- (1) 小球にはたらく向心力の大きさ F を T, N, θ を用いて表せ。
 - (2) 小球の鉛直方向の力のつり合いの式を T, N, θ, m, g を用いて表せ。
 - (3) 小球の速さが v のとき、等速円運動する小球に生じる加速度の大きさ a を v, L, θ を用いて表せ。

物 理

I のつづき

問 3 糸がたるまないように円運動の速さ v をゆっくり大きくすると、小球は円錐面上からはなれて運動した。円錐面からはなれる直前の小球の速さ v_c を L, θ, m, g のうち必要なものを用いて表せ。

問 4 図 2 のように、小球が円錐面からはなれて水平面に平行な面 A で等速円運動をしている。その後、糸が切れ、円錐面に衝突することなく、水平面に到達した。糸が切れる直前の糸と鉛直方向のなす角を α ($\theta < \alpha < \frac{\pi}{2}$) とする。

(1) 糸が切れてから小球が水平面に到達するまでの時間を L, h, α, m, g のうち必要なものを用いて表せ。

(2) 糸が切れた瞬間の小球の位置から小球が水平面に到達した点までの水平距離を L, h, α, m, g のうち必要なものを用いて表せ。

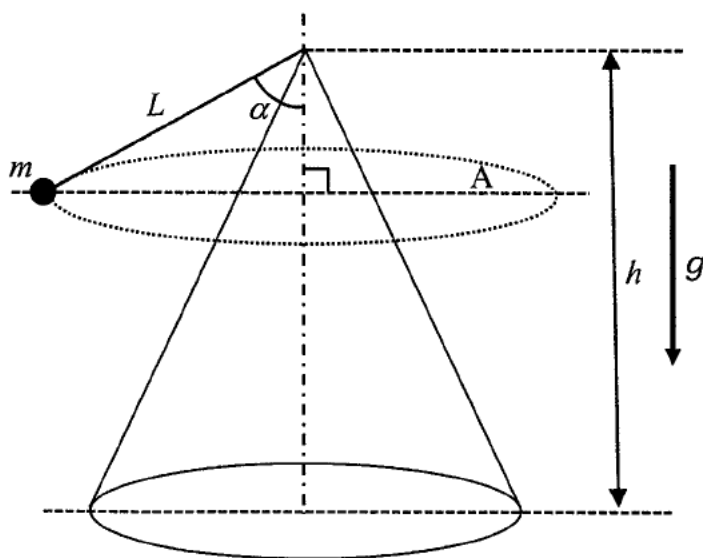


図 2

物 理

- Ⅱ 磁束密度の大きさが B の鉛直上向きの一様な磁場（磁界）内に、十分に長い2本の平行な導線のレールを間隔 l で水平に置き、レールの左端に抵抗値 R の抵抗を接続した。図1のように、2本のレールの上に導体棒 ab を置いて長方形の回路を作成し、導体棒に外力を加え図の右向きに一定の速さ v で導体棒を動かした。導体棒はレールと垂直を保ちながら左右になめらかに動き、レールと導体棒の電気抵抗、および電流が作る磁場の影響は無視できるものとする。また、空気抵抗はないものとする。以下の問いに答えよ。

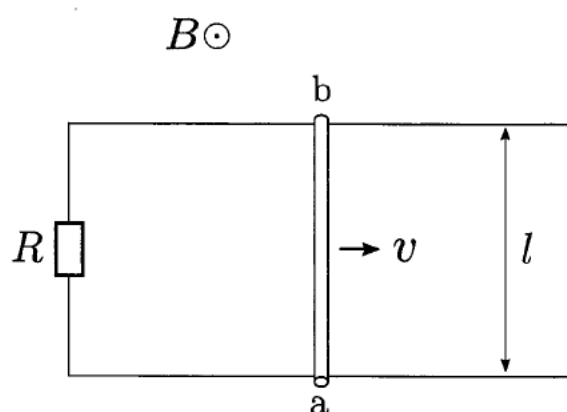


図1

- 問1 時間 Δt の間に回路を貫く磁束の増加量 $\Delta\Phi$ を求めよ。
- 問2 導体棒 ab 間に生じる誘導起電力の大きさが vBl であることを説明せよ。
- 問3 導体棒を一定の速さ v で動かすために必要な外力の大きさを求めよ。また、時間 Δt の間に抵抗で発生するジュール熱を求めよ。
- 問4 導体棒内の自由電子はすべて同じ一定の速度で移動するものとする。また、導体棒の単位体積あたりの自由電子の数を n 、導体棒の断面積を S とする。導体棒内の自由電子1個にはたらくローレンツ力の導体棒に垂直な方向の成分の大きさ F を、 l 、 n 、 v 、 B 、 R 、 S を用いて表せ。

物 理

Ⅱ のつづき

次に、レールの右端に内部抵抗の無視出来る起電力 E の電池と抵抗値 r の抵抗を直列に接続した。図2のように、導体棒 ab を2本のレールの上に置き、静止させた。この状態から導体棒を自由にしたところ、導体棒はレールと垂直を保ちながらレール上をなめらかに動きはじめた。レールは十分長く、導体棒はレールの両端には到達しないものとして、以下の問いに答えよ。

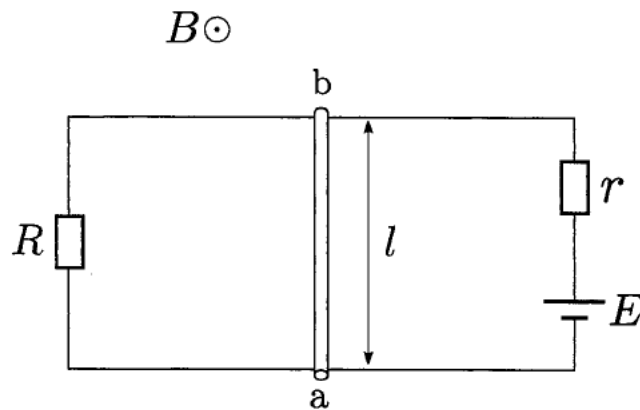


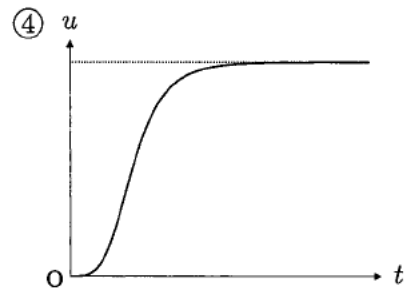
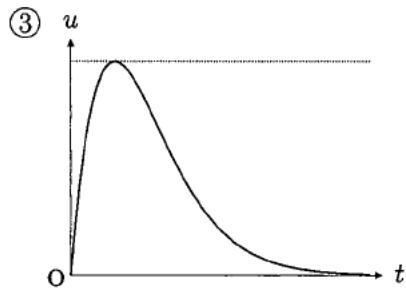
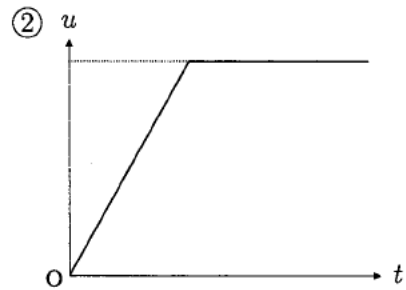
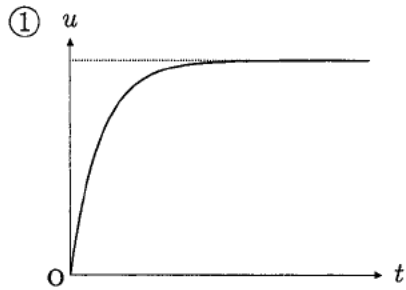
図2

- 問5 導体棒をレール上で静止させているとき、抵抗値 R と抵抗値 r のそれぞれの抵抗を流れる電流の大きさを求めよ。
- 問6 導体棒を自由になると、導体棒はレール上を左右どちらの向きに動きはじめるか、解答欄中の選択肢から正しいものを1つ選び丸をつけよ。

物 理

Ⅱ のつづき

問 7 その後、導体棒の速さは徐々に変化して一定の値に近づいた。導体棒を自由にした時刻を $t = 0$ とする。時刻 t を横軸にとって導体棒の速さ u を表したグラフの概形として最も適当なものを、次の ①～④ のうちから 1 つ選び番号を書け。



問 8 十分時間が経過したとき、導体棒を流れる電流の大きさを求めよ。

物 理

Ⅲ 浮力と気体の状態変化, および気体分子の運動について, 以下の問いに答えよ。

問 1 図 1 のように, 球形の風船と質量 M のゴンドラがロープでつながれた気球が地上にある。風船は球形のまま伸び縮みし, 大きさを変化させることができる。風船の張力は無視できるほど小さく, 風船内の気体の圧力と大気圧は等しいとみなせる。風船は熱を通さず, 内部は理想気体で満たされ, 体積と質量の無視できる温度調整器が入っている。また, 風船とロープの質量, およびゴンドラとロープの体積は無視できるものとする。地上の大気圧は P_0 であり, そこでの大気の単位体積当たりの質量は ρ_0 である。重力加速度の大きさを g とする。また, 風は吹いていないものとする。

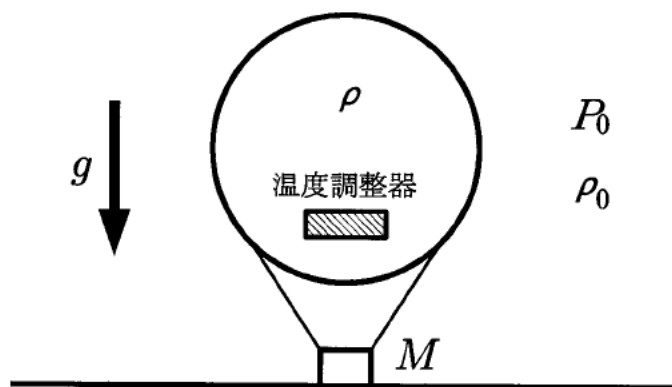


図 1

- (1) 絶対温度が T_0 になるように理想気体を風船内に入れると, 風船内の体積が V を超えたとき浮きはじめた。ここで, 理想気体を入れるのを止めた。このとき, 風船内の気体の単位体積当たりの質量は ρ であった。気球の質量を M , ρ , V , T_0 のうち必要なものを用いて表せ。また, 気球にはたらく浮力の大きさを ρ , ρ_0 , V , g , T_0 のうち必要なものを用いて表せ。
- (2) 気球が (1) の状態のとき, V を M , ρ , ρ_0 , g のうち必要なものを用いて表せ。

物 理

Ⅲ のつづき

問 1 のつづき

- (3) 温度調整器で風船内の気体を温めると、気球は高さ H まで上昇し、静止した。ここで、風船内の体積は V_H となった。高さ H での大気圧は P_H であり、そこでの大気の単位体積当たりの質量は ρ_H である。 V_H を M , ρ , ρ_H , V を用いて表せ。
- (4) 気球が (3) の状態のとき、風船内の気体の絶対温度は T_H であった。 T_H を P_H , P_0 , ρ_H , ρ_0 , T_0 を用いて表せ。

問 2 図 2 のように、半径 r の球形をした風船内の理想気体の分子は風船内を飛び回り、その壁と弾性衝突するが、分子同士は衝突しないものとする。分子が壁に衝突するとき、風船の中心 O と衝突点を結ぶ壁の法線と、衝突前後の分子が進む方向のなす角は常に等しい。風船内の全分子数は N であり、すべての分子は質量が m で、速さは v である。また、重力は無視できるものとする。

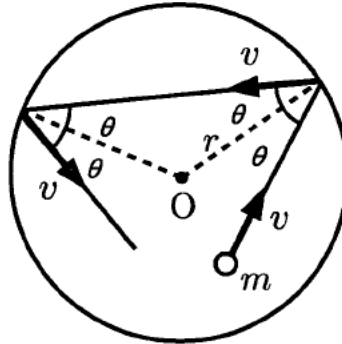


図 2

- (1) 1 個の分子が法線と θ の角度をなして壁に衝突するとき、衝突前後での分子の運動量の変化の大きさを求めよ。
- (2) (1) の分子が単位時間当たり壁に衝突する回数を求めよ。
- (3) (1) の分子が単位時間に壁に及ぼす力積の大きさの和を求めよ。
- (4) 風船内の気体の圧力を求めよ。